

DERWENT-ACC- 1999-581647
NO:

DERWENT- 199950
WEEK:

COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Hand-operated laser workhead for cutting and/or surface-
treating of workpieces

INVENTOR: DRYGALLA, M; GOEDE, M ; KISTMACHER, H ; LOEBNITZ, C ;
SEEBAUM, D

PATENT- DRYGALLA M[DRYGI] , GOEDE M[GOEDI] , KISTMACHER H[KISTI]
ASSIGNEE: , LOEBNITZ C[LOEBI] , SEEBAUM D[SEEBI]

PRIORITY-DATA: 1998DE-1017434 (April 20, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 19817434 A1	October 21, 1999	N/A	013	B23K 026/00

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 19817434A1	N/A	1998DE-1017434	April 20, 1998

INT-CL (IPC): B23K026/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19817434A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The hand-operated laser workhead has a laser beam forming module (2) and nozzle (3) delivering the formed beam from the workhead. The device also has a controller or regulator for the amount of energy imparted by the laser beam over a specified segment of its operating path.

USE - For cutting and/or surface-treating of workpieces.

ADVANTAGE - Efficient, high-quality operations on workpieces are made possible by control or regulation of the energy imparted by the laser beam over a specified segment of its operating path.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a variant of the proposed laser workhead.

beam forming module 2

nozzle 3

CHOSEN- Dwg.1/9
DRAWING:

TITLE-TERMS: HAND OPERATE LASER WORKHEAD CUT SURFACE TREAT
WORKPIECE

DERWENT-CLASS: M23 P55 X24

CPI-CODES: M23-D05;

EPI-CODES: X24-D03;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1999-169403

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-429535



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 17 434 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
B 23 K 26/00

②① Aktenzeichen: 198 17 434.9
②② Anmeldetag: 20. 4. 98
④③ Offenlegungstag: 21. 10. 99

DE 198 17 434 A 1

⑦① **Anmelder:**

Goede, Martin, 30419 Hannover, DE; Seebaum,
Dirk, 30952 Ronnenberg, DE; Drygalla, Michael,
30826 Garbsen, DE; Loebnitz, Christof, 30163
Hannover, DE; Kistmacher, Harald, 30826 Garbsen,
DE

⑦④ **Vertreter:**

Eikenberg, K., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
30175 Hannover

⑦② **Erfinder:**

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ **Handgeführter Laser-Bearbeitungskopf**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen unmittelbar von Hand führ-
baren Laser-Bearbeitungskopf zum Bearbeiten von Werk-
stücken, der Mittel zum Formen eines Laserstrahls und
Mittel zum Herausleiten des geformten Laserstrahls aus
dem Bearbeitungskopf umfaßt. Der beschriebene Bear-
beitungskopf umfaßt darüber hinaus Mittel zum Steu-
ern oder Regeln der auf einer bestimmten Bearbei-
tungs-Wegstrecke des Laserstrahls von diesem abgege-
benen Energie. Der beschriebene Bearbeitungskopf er-
möglicht eine effiziente und qualitativ hochwertige Bear-
beitung eines Werkstücks. Er kann insbesondere beim
Trennen und/oder Stoffeigenschaften ändern von Werk-
stücken eingesetzt werden.

DE 198 17 434 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen (unmittelbar) von Hand fuhrbaren (beispielsweise nach Art einer Pistole handgefuhrt) Laser-Bearbeitungskopf zum Bearbeiten von Werkstücken, der

- Mittel zum Formen eines Laserstrahls und
- Mittel zum Herausleiten des geformten Laserstrahls aus dem Bearbeitungskopf

umfaßt.

Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung eines derartigen Laser-Bearbeitungskopfes zum Trennen oder Stoffeigenschaften ändern.

Die Erfindung betrifft insbesondere Laser-Systeme mit einer Laser-Ausgangsleistung von mehr als hundert Watt, wie sie beispielsweise zum Trennen von Werkstücken erforderlich ist.

Laser-Bearbeitungsköpfe der eingangs genannten Art werden bereits für Anwendungen in der Medizintechnik, der Restauration und der Materialbearbeitung eingesetzt. Die bekannten Bearbeitungsköpfe arbeiten dabei auf Basis von Festkörper- und Gaslasern und mit dementsprechend eingeschränkten Leistungen; sie sind in der Regel nach Art einer frei fuhrbaren Pistole so konstruiert, daß der Nutzer die Orientierung des austretenden Laserstrahls und seine Bewegung relativ zu der zu bearbeitenden Fläche frei bestimmen kann.

Die bekannten Lasersysteme haben sich innerhalb ihrer Anwendungsbereiche bewährt. Sie sind jedoch zum Trennen (Schneiden) und Stoffeigenschaften ändern insbesondere metallischer Werkstücke weitgehend ungeeignet. Ein primärer Grund hierfür ist in der niedrigen Laser-Ausgangsleistung der bekannten handgefuhrtten Lasersysteme zu sehen.

Es wurden bereits Versuche unternommen, unmittelbar handgefuhrtte Laser-Bearbeitungsköpfe (Laser-Pistolen) mit hohen Ausgangsleistungen zum Trennen beispielsweise von Stahlblechen einzusetzen. Diese Versuche scheiterten jedoch bisher daran, daß es zu unerwünschten Slip-and-Stick-Effekten kam. Slip-and-Stick-Effekte sind Effekte, die durch das ungleichmäßige oder unsachgemäße Führen eines Laser-Bearbeitungskopfes über das zu bearbeitende Werkstück entstehen. Beispielsweise bewirken Slip-and-Stick-Effekte beim Trennen von Stahlblechen Unterbrechungen im Trennprozeß, so daß das Blech nicht durchgängig getrennt wird.

Es war daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Laser-Bearbeitungskopf der eingangs genannten Art anzugeben, der eine effiziente und qualitativ hochwertige Bearbeitung eines Werkstückes ermöglicht. Insbesondere sollte der Laser-Bearbeitungskopf dazu geeignet sein, beim Trennen und/oder Stoffeigenschaften ändern von Werkstücken eingesetzt zu werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Laser-Bearbeitungskopf der eingangs genannten Art gelöst, der Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimmten Bearbeitungs-Wegstrecke des Laserstrahls von diesem abgegebenen Energie (nachfolgend auch "Streckenenergie" genannt) umfaßt.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß es einem Handwerker bei der Benutzung eines in alle Raumrichtungen frei beweglichen, handgefuhrtten Laser-Bearbeitungskopfes nahezu unmöglich ist, manuell die zum Bearbeiten (insbesondere zum Trennen oder Stoffeigenschaften ändern) eines Werkstückes erforderliche Laser-Streckenenergie - das ist die auf einer bestimmten Wegstrecke vom Laserstrahl ab-

gegebene Energie - einzuhalten. Die vorliegende Erfindung befreit den Handwerker von der Aufgabe, die Streckenenergie manuell innerhalb des häufig sehr engen Toleranzbereichs zu halten, das sich für den Fachmann insbesondere aus dem zu bearbeitenden Material und der gewünschten Bearbeitungsart ergibt. Die Erfindung macht auf diese Weise unmittelbar handgefuhrtte Laser-Bearbeitungsköpfe für eine ganze Palette neuer Anwendungsbereiche nutzbar, insbesondere für die technisch bedeutsamen Bereiche des Trennens und des Stoffeigenschaftenänderns von Werkstücken. Die erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungsköpfe können als leichte Handwerkzeuge ausgestaltet sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungskopfes umfassen die Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimmten Wegstrecke des Laserstrahls von diesem abgegebenen Energie (Streckenenergie) eine Einrichtung zum automatischen Vorschub des Bearbeitungskopfes auf dem Werkstück.

Ein derart ausgestalteter handgefuhrtter Laser-Bearbeitungskopf wird auf die zu bearbeitende Werkstückoberfläche aufgesetzt und verschiebt sich im Betrieb - unter Abgabe eines Laserstrahls in Richtung auf die Werkstückoberfläche - automatisch auf dieser vorwärts, wobei der Bediener die Führung und Lenkung (Richtungsänderung) des Bearbeitungskopfes übernimmt. Bei einer gegebenen Laserleistung ergibt sich durch den automatischen Vorschub eine definierte Streckenenergie, die der Fachmann nach den Gegebenheiten des Einzelfalls auswählen wird. Im Regelfall wird vom Bediener eine konstante Vorschubgeschwindigkeit eingestellt, die - bei konstanter Laserleistung - eine konstante Streckenenergie mit sich bringt; falls es erwünscht ist, können aber auch - beispielsweise im Wege einer Programmierung - Änderungen der Vorschubgeschwindigkeit (und damit der Streckenenergie) vorgesehen werden. Zum Einstellen und gegebenenfalls zum Variieren der Vorschubgeschwindigkeit können übliche, dem Fachmann bekannte (und gegebenenfalls programmierbare) Steuerungs- und Regelungseinrichtungen eingesetzt werden, die mit den Antriebsmitteln für die Vorschubeinrichtung zusammenwirken.

Zu Slip-and-Stick-Effekten kann es nicht kommen, da der Bediener des Laser-Bearbeitungskopfes nur noch für dessen Führung und Lenkung über das Werkstück, nicht aber für dessen Vorschub zu sorgen hat.

Vorteilhafterweise umfaßt die Vorschubeinrichtung zum Aufsetzen auf das Werkstück zwei Räder oder Rollen mit gemeinsamer Drehachse. Ein derartig ausgestalteter Laser-Bearbeitungskopf wird vorzugsweise so ausgebildet, daß er gegen ein Verkippen quer zur Vorschubrichtung (d. h. zur Laufrichtung der Räder oder Rollen) gesichert ist.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Drehachse der Räder oder Rollen der Vorschubeinrichtung die Laserstrahlachse schneidet. Durch diese Art der Anordnung wird gewährleistet, daß der Bearbeitungsfleck (d. h. der Auftreffpunkt des Laserstrahls auf dem zu bearbeitenden Werkstück) auch bei engen Kurvenschnitten nicht ausschert. Durch Anordnung eines Differentials zwischen den Antriebsrädern kann die Eignung für Kurvenschnitte noch verbessert werden.

Es ist manchmal erwünscht, neben den genannten zwei Rädern oder Rollen mit gemeinsamer Drehachse ein drittes Rad vorzuschieben, das ebenfalls auf das Werkstück aufgesetzt wird. Ein solches System mit drei Rädern oder Rollen ist statisch bestimmt, so daß jedes der drei Räder stets Bodenkontakt hat und der Bearbeitungskopf optimal abgestützt wird.

In der Regel wird das die gemeinsame Drehachse besitzende Rad- oder Rollenpaar angetrieben werden (durch einen Motor). Bei einem dreirädrigen System ist es jedoch

auch möglich, das dritte, separate Rad, anzutreiben.

Anstelle eines Antriebs über Räder oder Rollen kann auch ein Raupenantrieb vorgesehen sein, wie er in der deutschen Patentanmeldung 198 14 509 beschrieben ist. Die dort beschriebenen Raupenantriebe sind im Wege der Verweisung Bestandteil dieser Anmeldung.

Neben oder an Stelle einer Einrichtung zum automatischen Vorschieben des Bearbeitungskopfes auf dem Werkstück können die Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimmten Wegstrecke des Laserstrahls von diesen in das Werkstück einzubringenden Energie eine Einrichtung zum automatischen Bremsen des Bearbeitungskopfes bei zu schnellen Vorschub umfassen, die vorzugsweise mit den Antriebsmitteln der Vorschubeinrichtung zusammenwirkt. Eine solche Abbremsvorrichtung kann beispielsweise eine Wirbelstrombremse sein. Werden beispielsweise Stützräder am Bearbeitungskopf vorgesehen, so kann deren Lauf beim überschreiten einer im Einzelfall maximal zulässigen Vorschubgeschwindigkeit durch diese Bremse verzögert werden. Wie erwähnt, kann wahlweise eine Vorschubeinrichtung vorhanden sein oder nicht. Im letzteren Fall verschiebt der Benutzer den Bearbeitungskopf manuell auf der Werkstückoberfläche, und es wird vorzugsweise nur dann automatisch gebremst, d. h. die Geschwindigkeit geregelt, wenn er durch überschreiten der maximal zulässigen Vorschubgeschwindigkeit die minimal erforderliche Streckenenergie unterschreitet.

Zur Bestimmung, ob die Vorschubgeschwindigkeit sich innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches befindet, kann eine Geschwindigkeitserfassungs-Einrichtung (z. B. ein von außen ablesbarer Tachometer) vorgesehen sein, die gegebenenfalls mit der Bremsvorrichtung und/oder der Vorschubeinrichtung zusammenwirkt und automatisch – als Regelungseinrichtung – die Bremsstärke bzw. die Vorschubgeschwindigkeit regelt.

An Stelle oder neben einer Vorschubeinrichtung und/oder einer Bremsvorrichtung können die Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimmten Wegstrecke des Laserstrahls von diesem abzugebenden Energie eine Einrichtung zum Regeln der mittleren Laser-Leistungsdichte (average power density) auf dem Werkstück in Abhängigkeit von der Vorschubgeschwindigkeit umfassen. Eine solche Regeleinrichtung kann dann beispielsweise eine Einrichtung zum Regeln der Laserleistung und gegebenenfalls zusätzlich eine regelbare Fokussiereinrichtung für den Laserstrahl umfassen. Die Steuerungs- oder Regelungseinrichtung wird vorzugsweise so ausgelegt sein, daß die Streckenenergie unabhängig von der Vorschubgeschwindigkeit zumindest im wesentlichen konstant gehalten wird. Eine bevorzugte Einrichtung zum Regeln der Laserleistung in Abhängigkeit von der Vorschubgeschwindigkeit bewirkt beispielsweise bei einer Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit auch eine Erhöhung der Laserleistung, um die Streckenenergie im wesentlichen konstant zu halten. Eine bevorzugte regelbare Fokussiereinrichtung für den Laserstrahl, die zusätzlich vorhanden sein kann, sorgt bei einer Verlangsamung der Vorschubgeschwindigkeit dafür, daß der Fokus des Laserstrahls von der Werkstückoberfläche fortbewegt und dadurch die Leistungsdichte (Strahlungsintensität) am Bearbeitungsort verringert wird.

Üblicherweise wirken die Mittel zum Formen des Laserstrahls mit einem Lichtleiter zum Einleiten von Laserstrahlung aus einer externen Laser-Strahlungsquelle in den Laser-Bearbeitungskopf zusammen. Es ist jedoch auch möglich, die notwendige Laser-Strahlungsquelle im Bearbeitungskopf selbst vorzusehen.

Nachfolgend wird ein erfindungsgemäßer Laser-Bearbeitungskopf anhand von Ausführungsbeispielen näher be-

schrieben. Bei den Ausführungsbeispielen handelt es sich jeweils um einen Laser-Schneidkopf, die wesentlichen Baueinheiten sind jedoch auch bei einem erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungskopf einsetzbar, der beispielsweise zum Stoffeigenschaften ändern vorgesehen ist. In den beigelegten Zeichnungen stellen dar:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Laser-Schneidkopfes,

Fig. 2 eine Draufsicht auf den Laser-Schneidkopf aus **Fig. 1**,

Fig. 3 eine Vorderansicht des Laser-Schneidkopfes aus den **Fig. 1** und **2**,

Fig. 4 eine Querschnittansicht einer Vorschubeinrichtung zur Verwendung mit einem erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungskopf,

Fig. 5 eine zeichnerisch etwas verkleinerte seitliche Schnittansicht der Vorschubeinrichtung aus **Fig. 4**, die

Fig. 6, 7 und **8** schematische Darstellungen von erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungsköpfen mit einem, zwei bzw. drei Stützrädern, sowie

Fig. 9 eine Vollschnittansicht eines Strahlformungselements (Fokussierkopf) zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungskopf.

Der in den **Fig. 1** bis **3** dargestellte Laser-Bearbeitungskopf **1** ist ein Laser-Schneidkopf, der aus vier separaten Modulen zusammengebaut ist. Bei diesen Modulen handelt es sich um ein Strahlformungselement **2**, ein Düsensystem **3**, eine Vorschubeinrichtung **4** und eine Abstandssensorik **5**.

Der modulare Aufbau des Laser-Schneidkopfes **1** ermöglicht eine separate Weiterentwicklung der verschiedenen Funktionsbereiche (Module) des Bearbeitungskopfes. Zudem wird durch den modularen Aufbau eine individuelle Anpassung des Systems an die Erfordernisse des jeweiligen Anwendungsgebietes und Verwendungszweckes ermöglicht. So ist es möglich, daß Düsensystem **3** des Laser-Schneidkopfes **1** gegen eine Einheit zum Laserstrahlschweißen oder Stoffeigenschaften ändern auszutauschen. Ebenfalls möglich ist ein Verzicht auf die Vorschubeinheit **4** und ihre Ersetzung durch beispielsweise ein Bremssystem.

Der Fokussierkopf umfaßt einen oberen Tubus **6**, einen unteren Tubus **7** sowie ein Spiegelgehäuse **8** zur Aufnahme eines Umlenkspiegels (vgl. hierzu **Fig. 9**). über eine Lichtleitfaser **9**, die mittels eines Fasersteckers **10** am oberen Tubus **6** des Fokussierkopfes **2** befestigt ist, wird ein in einer externen Laserstrahl-Quelle erzeugter Laserstrahl in den Bearbeitungskopf eingekoppelt. Der weitere Verlauf des Laserstrahls im Fokussierkopf wird unten anhand der **Fig. 9** näher erläutert.

Seitlich am Spiegelgehäuse **8** befestigt ist ein Griff **11**, der sich im wesentlichen senkrecht zum oberen Tubus **6** erstreckt. Der obere Tubus **6** ist bereichsweise als ein weiterer Griff ausgebildet. Die Griffpositionen entsprechen somit im wesentlichen denen eines handelsüblicher Winkelschleifgerätes. Der Laserschneidkopf **1** verfügt über eine Zweihandschaltung mit einem ersten Schaltelement/Taster **12**, das auf den oberen Tubus **6** aufgesetzt ist und einem zweiten Schaltelement/Taster **13**, das auf den seitlichen Griff **1** und an das Spiegelgehäuse **8** gesetzt ist. Die Schaltelemente **12** und **13** wirken so mit den übrigen Bestandteilen des Lasersystems zusammen, daß nur bei gleichzeitigem Betätigen beider Schaltelemente ein Laserstrahl aus dem Bearbeitungskopf **1** austreten kann. Wird eines der beiden Schaltelemente **12** oder **13** nicht betätigt, so ist das Laserhandgerät abgeschaltet. Der Bediener muß somit während der Bearbeitung beide Hände an den Griffstücken des Gerätes halten, was zunächst einmal seine Hände schützt aber gleichzeitig auch die Kontrolle des Bedieners über das Gerät unterstützt. Die Vorschubeinheit **4**, die nachfolgend anhand der **Fig. 4** und **5** näher

her erläutert wird, umfaßt ein Rollenpaar mit einer ersten Rolle 14 und einer zweiten Rolle 15 zum Aufsetzen des Laserschneidkopfes 1 auf das zu schneidende Werkstück.

In den Fig. 4 und 5 wird – als Beispiel für ein Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimmten Wegstrecke des Laserstrahls von diesem in das Werkstück einzubringen- den Energie – die Vorschubeinheit 4 des Laserschneidkopfes 1 aus den Fig. 1 bis 3 näher dargestellt.

Ein wesentlicher Bestandteil der modular ausgelegten Vorschubeinrichtung 4 ist ein in Fig. 4 nur schematisch dargestellter Antriebsmotor 37b, beispielsweise ein Präzisions-Gleichstrommotor. Der Motor 37b wirkt mit einem Gleichstromtacho 37a zusammen, der zur Erfassung der Ist-Drehzahl dient.

Die vom Gleichstromtacho abgegebene Spannung ist proportional zur Ist-Drehzahl und wird zur Drehzahlregelung eingesetzt, um fest definierte Vorschubgeschwindigkeiten erzeugen zu können. Die Drehzahl des Motors 37b wird durch ein mit dem Motor in Wirkverbindung stehendes, an diesen angeflanshtes Planetengetriebe 37c reduziert. Dem Planetengetriebe in Wirkverbindung nachgeordnet ist ein Stirnradgetriebe zur nochmaligen Reduzierung der Drehzahl und zur Übertragung des Antriebsmoments auf eine Vorgelegewelle 41. Das stirnradgetriebe umfaßt ein Ritzel 39 mit einer Zähnezahl von $z = 16$ und ein Zahnrad 42 mit einer Zähnezahl von $z = 90$. Beide Zahnräder 39, 42 sind mit Gewindestiften 36 an ihrer jeweils zugehörigen Welle fixiert.

Die Motor-Planetengetriebe-Kombination ist mit vier Zylinderschrauben 38 am Gehäuse 44 des Stirnradgetriebes befestigt. Zur vollständigen Kapselung des Stirnradgetriebes ist das Gehäuse 44 durch einen seitlichen Deckel 43 verschlossen, der mittels zweier Zylinderschrauben 40 fixiert ist.

Die Momentübertragung von der Vorgelegewelle 41 zu den Antriebsrädern 14 und 15 erfolgt mittels zweier Riemtriebe. Hierfür sind zwei Zahnriemenscheiben 35 auf die Vorgelegewelle 41 aufgesteckt und mit Gewindestiften 36 fixiert. Zwei Zahnriemen 46, 46', deren Zähne mit komplementären Zahnzwischenräumen der Zahnriemenscheiben 35, 35' in Eingriff stehen, verlaufen jeweils innerhalb eines gekapselten Zahnriemengehäuses 51, 51' in Richtung auf die Rollen 14 bzw. 15 der Vorschubeinrichtung. Die Zahnriemen 46, 46' übertragen die Antriebskraft auf die an den Antriebswellen 30, 30' befindlichen unteren Zahnriemenscheiben 21, 21'. Die Momentübertragung von den Zahnriemenscheiben 21, 21' auf die Antriebswellen 30, 30' erfolgt über jeweils einen Zylinderstift 22, 22'. Jeder Zylinderstift 22, 22' ist in eine radial angeordnete Bohrung der jeweiligen Antriebswelle 30, 30' eingesetzt und greift in eine seitliche Nut der zugehörigen Zahnriemenscheibe 21, 21'. Als Rollen 14 bzw. 15 fungieren zwei weitere Zahnriemenscheiben, die mit Gewindestiften 31 an den Antriebswellen 30, 30' fixiert sind. Um einen möglichst hohen Reibwert für die Kraftübertragung von Antriebsrädern zur Werkstückoberfläche zu erzielen ist jeweils ein Zahnriemen 27, 27' umfänglich auf den Rollen 14 bzw. 15 angeordnet. Durch den Formschluß von Zahnriemen 27, 27' und zugehöriger Zahnriemenscheibe wird ein Rutschen der Zahnriemen 27, 27' relativ zur metallenen Zahnriemenscheibe vermieden.

Die Außenflächen der Zahnriemen 27, 27', die als Auflagefläche des Laser-Schneidkopfes 1 auf den zu bearbeitenden Werkstück dienen, können auf verschiedene Weise beschichtet sein, so daß es dem Fachmann leicht möglich ist, anhand einfacher Versuche mit verschiedenen Beschichtungen eine Optimierung der Kraftübertragung zu erreichen. Zur Vermeidung eines lateralen Verrutschens der Zahnriemen 27, 27' auf den Zahnriemenscheiben der Antriebsräder

14 bzw. 15 sind seitlich Bordscheiben 32, 32' angeordnet. Diese Bordscheiben 32, 32' werden mit jeweils drei Senkschrauben 28 an der zugehörigen Zahnriemenscheibe befestigt. Ist ein Zahnriemen 27, 27' – beispielsweise aufgrund von Einbränden prozeßbedingter Schmelzespritzer – nicht mehr brauchbar, so ist nach Demontage der zugehörigen Bordscheibe 32, 32' ein leichter Austausch möglich.

Die Vorgelege- und Antriebswellen sind jeweils kugellagert. Die Kugellager 24, 24' der Wellen sind dabei jeweils in die Gehäuse der Zahnriementriebe eingesetzt. Durch Paßscheiben 23 bzw. 23' wird das axiale Spiel minimiert. Die Kugellager der Vorgelegewelle sind in ein Zwischenstück 48 eingepreßt. Dieses Zwischenstück 48 dient zum einen als Verbindungselement zwischen den Gehäuseteilen der beiden Riemtriebe und zum anderen als Verbindungselement zwischen der Vorschubeinrichtung 4 und dem Fokussierkopf 2 des Laserschneidkopfes 1. Die inneren Halbschalen des Gehäuses 51 sind mit jeweils zwei Zylinderschrauben 34 am Zwischenstück 48 befestigt.

In den Fig. 6 bis 8 sind in schematischer, perspektivischer Darstellung drei Varianten eines erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungskopfes dargestellt, der jeweils eine nicht dargestellte Vorschubeinrichtung umfaßt.

Gemäß der in Fig. 6 stark schematisch dargestellten Ausgestaltung erfolgen die Abstützung und der Antrieb des Bearbeitungskopfes über ein einzelnes Rad. Die Antriebseinrichtung zum Antrieb des Rades kann dabei analog der in den Fig. 4 und 5 dargestellten Vorschubeinrichtung ausgelegt sein. Der Bediener führt und lenkt den Laser-Bearbeitungskopf in der x-y-Ebene über das Werkstück. Die Führungs- und Lenkbewegungen des Bedieners erinnern dabei an das Führen und Lenken einer Schubkarre, wobei allerdings im vorliegenden Fall der Vorschub nicht vom Bediener sondern durch die vorhandene Vorschubeinrichtung bewirkt wird. Gegenüber den nachstehend anhand der Fig. 7 und 8 erläuterten Ausgestaltungsvarianten ist das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 durch einen besonders einfachen Aufbau und ein besonders geringes Gewicht sowie eine sehr gute Eignung für Kurvenschnitte gekennzeichnet. Etwas nachteilig im Vergleich zu den nachstehend erläuterten Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 7 und 8 ist die geringere Auflagefläche auf den Werkstück, was Defizite in der Kraftübertragung vom Antriebsrad auf das Werkstück zur Folge haben kann, sowie die fehlende Führung des Bearbeitungskopfes hinsichtlich Kippung. Ein weiterer kleiner Nachteil besteht in der Tatsache, daß das Rad in einem gewissen Abstand zum Bearbeitungsfleck angeordnet werden muß (in der Regel vor oder hinter den Bearbeitungsfleck, da eine seitliche Anordnung aufgrund der Lage des Schwerpunktes ungünstiger ist), was bei engen Kurvenradien zum Ausscheren des Bearbeitungsflecks führt. Hinsichtlich der erzielbaren Schneidbahn-Geometrie wird dieser Effekt als ungünstig erachtet.

Das in Fig. 7 stark schematisch dargestellte Ausführungsbeispiel verfügt über zwei angetriebene Räder. Die Räder sind so angeordnet, daß die Drehachse der Räder die Laserstrahlachse schneidet, wodurch gewährleistet ist, daß der Bearbeitungsfleck bei engen Kurvenschnitten nicht ausschert. Die Eignung für Kurvenschnitte kann noch verbessert werden, indem zwischen den Antriebsrädern ein Differential angeordnet wird. Im Vergleich mit den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 6 und 8 ist als Nachteil zu nennen, daß die Führung des Bearbeitungskopfes nicht optimal ist, da eine Kippbewegung um die y-Achse möglich ist. Andererseits ist aufgrund dieses Schwenk-Freiheitsgrades die Bearbeitbarkeit konturierter Werkstücke (z. B. Wellblech) besonders gut, da der Winkel zwischen dem aus dem Bearbeitungskopf austretenden Laserstrahl und dem Werkstück

durch eine einfache Schwenk-Kipp-Bewegung leicht an die jeweiligen Erfordernisse angepaßt werden kann. Vorversuche haben gezeigt, daß eine Verkipfung des Bearbeitungskopfes kaum Einfluß auf das Schneidergebnis hat.

Bei dem in Fig. 8 stark schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt der Antrieb zweckmäßigerweise über zwei Vorderräder, die im wesentlichen so angeordnet sind, wie die Räder in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7. Ein nachlaufendes Hinterrad des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 8 ist lenkbar angeordnet; es befindet sich am Ende eines um die z-Achse schwenkbaren Auslegers und ist radial zur Schwenkachse angeordnet. Der dreirädrige Bearbeitungskopf ist statisch bestimmt, so daß jedes der drei Räder stets Werkstückkontakt hat und der Bearbeitungskopf optimal abgestützt wird. Durch Anordnung eines Differentials zwischen den Antriebsrädern des vorderen Rollenpaares werden Kurven sehr gut schneidbar. Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 ist auch für die Bearbeitung konturierter Werkstücke geeignet.

In den Fig. 6 bis 8 nicht dargestellt ist ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem vier Räder (zwei davon angetrieben) vorgesehen sind. Ein solcher Bearbeitungskopf ist statisch bestimmt, wenn eine der Radachsen als Pendelachse ausgeführt wird. Bearbeitungsköpfe mit vier oder mehr Rädern sind für die Bearbeitung konturierter Stücke nicht mehr ganz so gut geeignet wie die vorstehend diskutierten Ausführungsbeispiele mit einem, zwei oder drei Rädern.

In Fig. 9 dargestellt ist ein Fokussierkopf zur Verwendung als Strahlformungselement in dem erfindungsgemäßen Laser-Bearbeitungskopf gemäß den Fig. 1 bis 3. In Fig. 9 werden soweit möglich für gleiche konstruktive Elemente die gleichen Bezugszeichen verwendet wie in den Fig. 1 bis 3.

In einer nicht dargestellten, externen Laser-Lichtquelle wird ein Laserstrahl erzeugt und über die Lichtleitfaser 9 in den Fokussierkopf 2 eingekoppelt. Der Faserstecker 10 ist in eine Fasersteckerbuchse 94 eingesetzt. Diese Fasersteckerbuchse 94 ist über ein Kugellager 92 mit dem oberen Tubus 6 des Fokussierkopfes verbunden, um die Lichtleitfaser 9 von Torsionsspannungen freizuhalten. Die Kugellager 92 sind mittels eines Wellensicherungsringes 90 fixiert. Der obere Tubus 6 ist über Zylinderschrauben 64 mit den unteren Tubus 7 verbunden. Der aus der Lichtleitfaser 9 divergent austretende Laserstrahl wird durch eine Linse 62 kollimiert. Die Linse 62 ist mittels eines Linsefixierendes 67 mit den oberen Tubus 6 verbunden. Der kollimierte Laserstrahl wird über einen Umlenkspiegel 75 um 90° umgelenkt und trifft auf eine zweite Linse 62', die den Laserstrahl fokussiert. Nach Durchtritt durch die Fokussierlinse 62' tritt der Laserstrahl aus dem Fokussierkopf 2 aus.

Der Umlenkspiegel 75 ist über eine Klebeverbindung mit einem Spiegelhalter 82 verbunden. Der Spiegelhalter 82 ist über eine Kombination aus einer Kugel 76 und zwei Gewindestiften 78 und 80 an einem den Fokussierkopf stirnseitig abschließenden Spiegeldeckel 81 gelagert. Er wird mit einer Feder 83, die durch einen Federspanner 84 vorgespannt ist, fixiert. Über die Gewindestifte 78 und 80 kann eine Kippung des Umlenkspiegels 75 bewirkt werden, womit ein Lateralversatz des Laser-Bearbeitungsflecks auf der Werkstückoberfläche eingestellt wird. Die Justierbewegung erfolgt in zwei zueinander orthogonalen Achsen. Die Gewindestifte 78 und 80 werden mit Sechskantmutter 77 gegen eine unerwünschte Verdrehung gesichert. Der Spiegeldeckel 81 ist mit Zylinderschrauben 74 am unteren Tubus 7 befestigt. Ein Abschlußblech 85, das mit Zylinderschrauben 74 fixiert ist, verschließt den Tubus nach oben hin.

Der Spiegelhalter 82 weist nach oben hin eine Bohrung auf, damit (nach Entfernung des Abschlußbleches 85) ein

weiteres Modul mit einer Meßtechnik auf den Fokussierkopf aufgesetzt werden kann, wodurch eine Prozeßsteuerung und -regelung ermöglicht wird. Die Fokussierlinse 62' ist in eine Linsenfassung 69 eingesetzt. Diese ist vertikal verschiebbar angeordnet, um eine Fokusverschiebung zu ermöglichen. Eine vertikale Verschiebung der Linsenfassung 69 wird durch Drehung eines Verstellrings 73 bewirkt. Die Drehung des Verstellrings bewirkt dabei zunächst eine Gleitbewegung zweier Zylinderstifte 72, die durch radial angeordnete Nuten/Durchbohrungen im unteren Tubus hindurch mit jeweiligen schraubenförmig eingebrachten Nuten der Linsenfassung 69 in Eingriff stehen.

Wichtig ist, daß sich die Linsenfassung 69 beim vertikalen Verschieben nicht verdreht. Um das zu verhindern, greift ein in den unteren Tubus 7 eingeschraubter Bolzen 61 in ein Langloch der Linsenfassung 69 ein. Die Zylinderstifte 72 im Verstellring 73 sind durch Gewindestifte 71 gegen eine unbeabsichtigte Bewegung gesichert. Zwei O-Ringe 68 und 70 erfüllen eine doppelte Funktion. Zum einen haben sie eine abdichtende Funktion, um das Eindringen von Schmutz in den Bearbeitungskopf/Fokussierkopf zu verhindern, zum anderen führen sie zu einer Selbsthemmung der Fokusverschiebungseinheit, um eine selbständige Verstellung der Fokusslage durch Erschütterungen oder dergleichen zu verhindern.

Nach unten hin endet der Fokussierkopf 2 in einem Flansch 63, an den das Düsensystem und die modulare Vorschubeinrichtung angesetzt werden. Der Flansch 63 ist über eine Klemmverbindung mit dem unteren Tubus 7 verbunden. Durch Lösen dieser Klemmverbindung kann der Fokussierkopf 2 gegenüber den Flansch 63 in der Vertikalen verdreht werden. Dies ermöglicht die veränderbare Anordnung von Griffen (vgl. die Fig. 1 bis 3) und Lichtleitfaser 9 relativ zur Bearbeitungsrichtung; das System ist dadurch hinsichtlich der Bearbeitung an schwer zugänglichen Stellen konturierter Werkstückoberflächen sehr flexibel. Die Klemmverbindung wird durch Verspannung eines geteilten Ringes 65 erreicht, der in eine korrespondierende Nut im unteren Tubus 7 greift.

Der Fokussierkopf verfügt über zwei Handgriffe, deren Anordnung in etwa der eines Winkelschleifers entspricht. Ein erster Griff 93 ist an den oberen Tubus geschraubt und umgibt die Fasersteckerbuchse 94. Der Griff 93 wird durch einen Gewindestift 96 zusätzlich gesichert. Ein in Fig. 9 nicht dargestellter seitlicher Griff (vgl. die Fig. 2 und 3) ist mittels zweier Zylinderschrauben am unteren Tubus 7 befestigt. An beiden Griffen sind jeweils Schaltelemente/Taster 87 zum Einschalten des Lasers angeordnet. Die Taster sind jeweils in ein Schaltergehäuse 88 eingebaut und durch eine Abdichtungskappe 89 vor eindringenden Schmutz geschützt. Die Schaltergehäuse 88 sind jeweils mit zwei Senkschrauben 98 an den Griffen/Tubuselementen befestigt. Die bei der Montage der elektrischen Komponenten zu verlegenden Kabel werden durch Kabeldurchführungsstüben 86 in die jeweiligen Schaltergehäuse geführt.

Patentansprüche

1. Unmittelbar von Hand führbarer Laser-Bearbeitungskopf zum Bearbeiten von Werkstücken, umfassend:

- Mittel zum Formen eines Laserstrahls und
- Mittel zum Herausleiten des geformten Laserstrahls aus dem Bearbeitungskopf,

dadurch gekennzeichnet, daß der Laser-Bearbeitungskopf

- Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimmten Bearbeitungs-Wegstrecke des Laser-

strahls von diesem abgegebenen Energie
umfaßt.

2. Laser-Bearbeitungskopf nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, daß die Mittel zum Steuern oder Re-
geln der auf einer bestimmten Bearbeitungs-Weg-
strecke des Laserstrahls von diesem abgegebenen
Energie eine Einrichtung zum automatischen Vorschie-
ben des Bearbeitungskopfes auf dem Werkstück um-
fassen.

3. Laser-Bearbeitungskopf nach Anspruch 2, dadurch
gekennzeichnet, daß die Vorschubeinrichtung zum
Aufsetzen auf das Werkstück zwei Räder oder Rollen
mit gemeinsamer Drehachse umfaßt.

4. Laser-Bearbeitungskopf nach Anspruch 3, dadurch
gekennzeichnet, daß die Drehachse der Räder oder
Rollen den Laserstrahl schneidet.

5. Laser-Bearbeitungskopf nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Räder oder Rollen
mittels eines Motors angetrieben werden.

6. Laser-Bearbeitungskopf nach einem der vorange-
henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die
Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimm-
ten Bearbeitungs-Wegstrecke des Laserstrahls von die-
sem abgegebenen Energie eine Einrichtung zum auto-
matischen Abbremsen des Bearbeitungskopfes bei zu
schnellem Vorschub umfassen.

7. Laser-Bearbeitungskopf nach einem der vorange-
henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die
Mittel zum Steuern oder Regeln der auf einer bestimm-
ten Bearbeitungs-Wegstrecke des Laserstrahls von die-
sem abgegebenen Energie eine Einrichtung zum Re-
geln der mittleren Laser-Leistungsdichte auf dem
Werkstück in Abhängigkeit von der Vorschubge-
schwindigkeit umfassen.

8. Laser-Bearbeitungskopf nach Anspruch 7, dadurch
gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Regeln der
mittleren Laser-Leistungsdichte auf dem Werkstück in
Abhängigkeit von der Vorschubgeschwindigkeit eine
Einrichtung zum Regeln der Laserleistung für den La-
serstrahl umfaßt.

9. Laser-Bearbeitungskopf nach einem der vorange-
henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die
Mittel zum Formen des Laserstrahls mit einem Licht-
leiter zum Einleiten von Laserlicht aus einer externen
Laser-Lichtquelle in den Laser-Bearbeitungskopf zu-
sammenwirken.

10. Verwendung eines von Hand führbaren Laser-Bear-
beitungskopfes nach einem der vorangehenden An-
sprüche zum Trennen oder Stoffeigenschaften ändern.

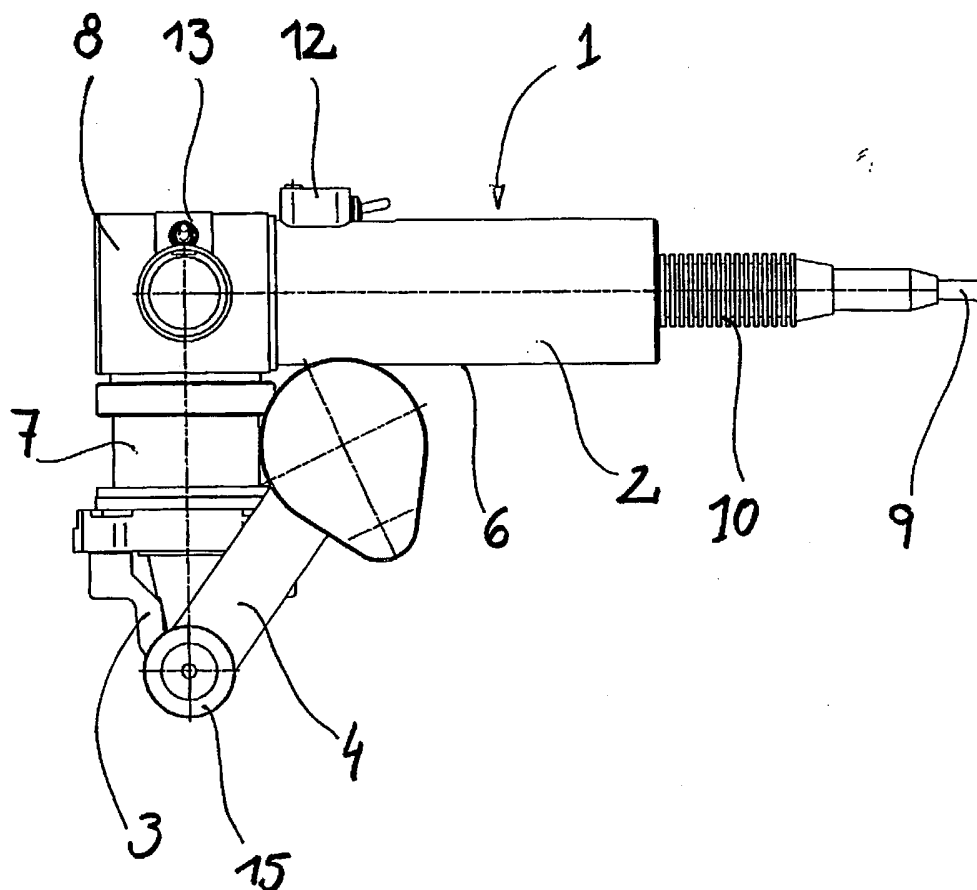
Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -



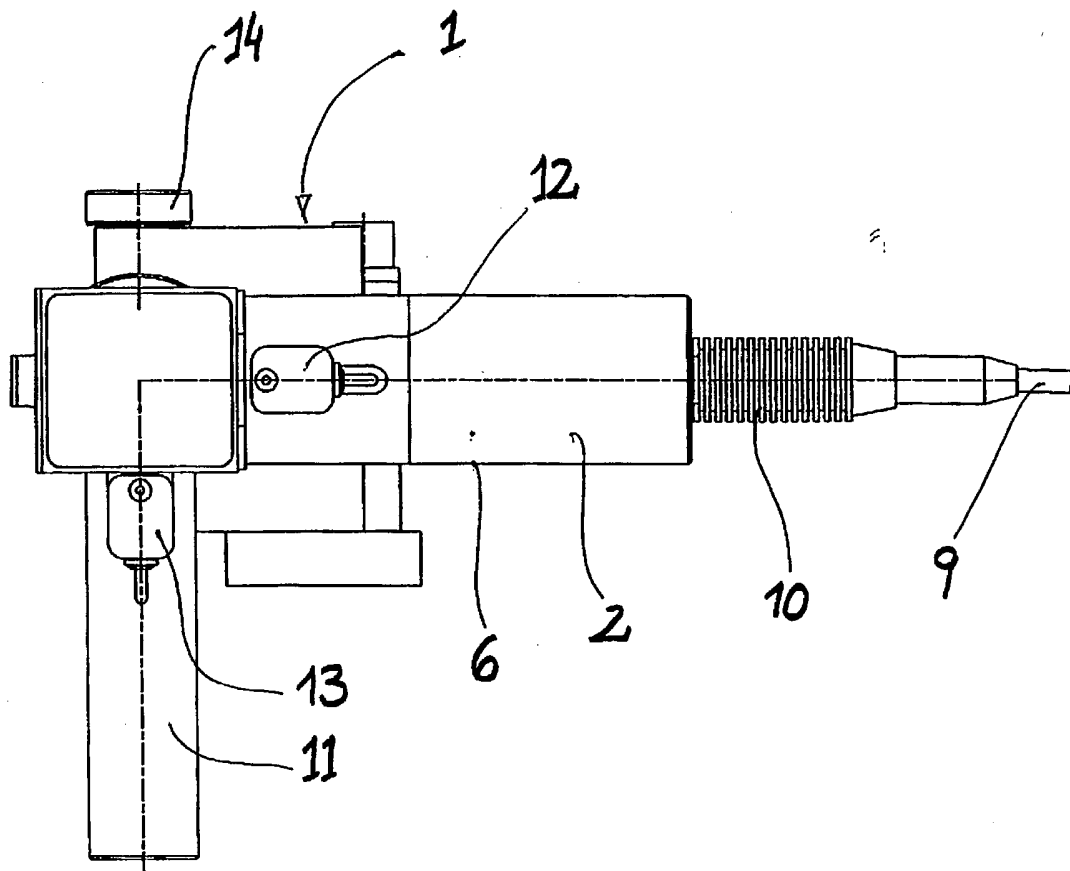


Fig. 2

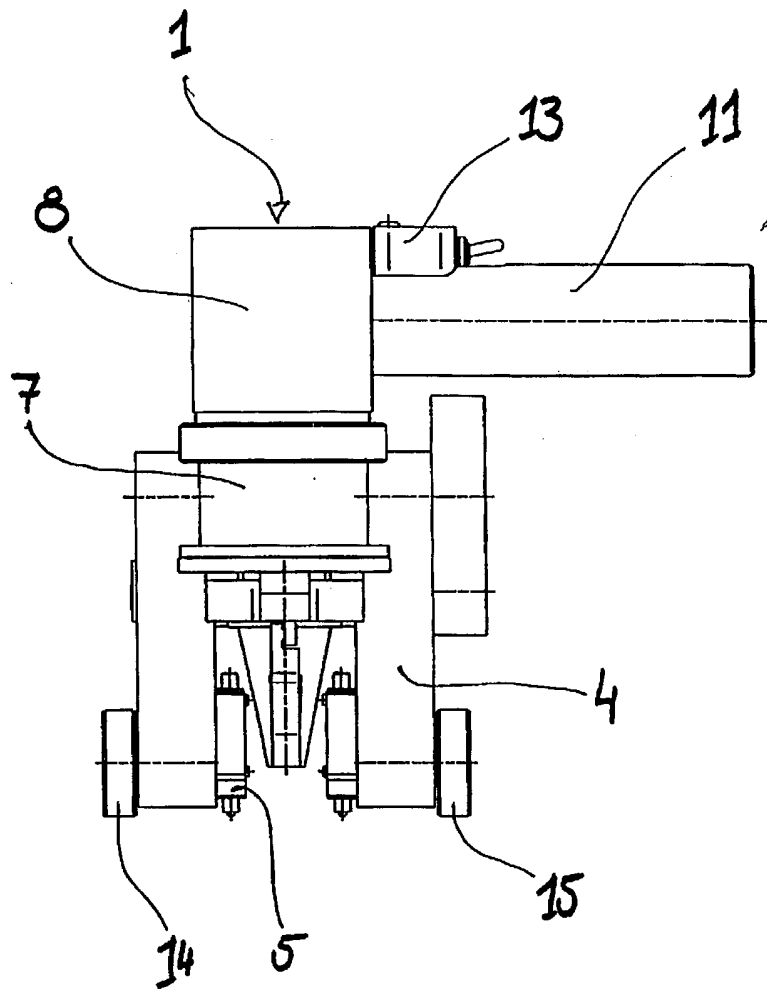
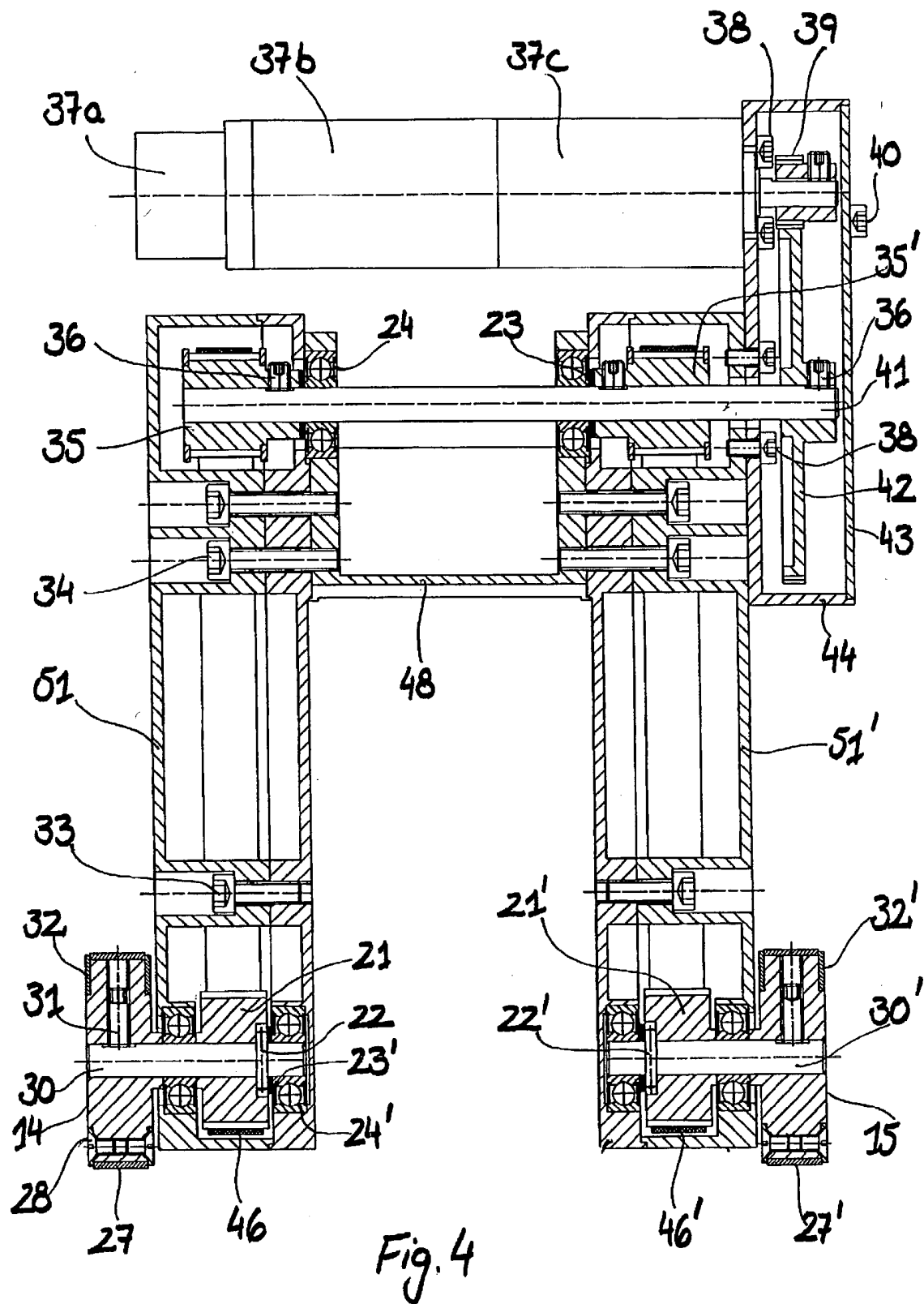


Fig. 3



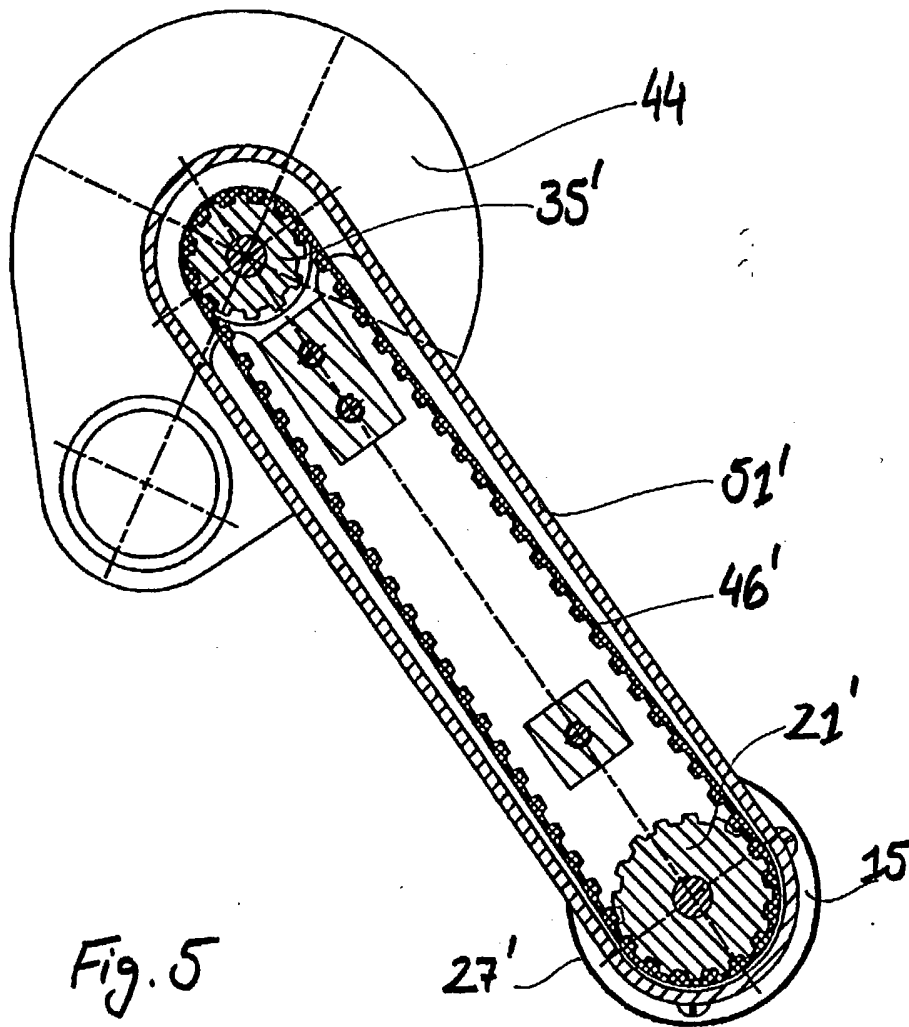


Fig. 5

